

ATMOSZFÉRIKUS EREDETŰ ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁS HATÁSA NYITOTT RENDSZERRE

THE EFFECT OF ATMOSPHERIC ELECTROMAGNETIC RADIATION ON OPENED SYSTEM

Hodai Zoltán¹, Rippelné Pethő Dóra², Horváth Géza³, Hanák László⁴, Bocsi Róbert⁵

¹*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-132, H-8201 Veszprém, Pf. 158. E-mail: hodai@almos.uni-pannon.hu*

²*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-177, H-8201 Veszprém, Pf. 158. E-mail: pethod@almos.uni-pannon.hu*

³*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-450, H-8201 Veszprém, Pf. 158. E-mail: horvathg@almos.uni-pannon.hu*

⁴*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-132, H-8201 Veszprém, Pf. 158. E-mail: hanakl@almos.uni-pannon.hu*

⁵*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-268, H-8201 Veszprém, Pf. 158. E-mail: bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

Abstract

Opened systems with liquid-phase (eg open-source bioreactors for different purposes) can produce very significant temperature extremes can be generated. The operation of the system is impaired, possibly completely inhibited (too low, too high temperature values). For the avoidance and optimum operation of thermodynamic inhibition thus formed, an analytical description of the heat flow of the system is necessary. The aim is to examine the possibilities of auxiliary energy in the system of heat exchange. The estimated values quantify the effects of atmospheric electromagnetic radiation on an open system. Based on the model developed in this way, increasing the complexity of the method, it may become appropriate to describe the heat flow of open systems to an appropriate level to explore the energy integration possibilities.

Keywords: *atmospheric, electromagnetic radiation, heat flow, heat balance, opened system.*

Összefoglalás

Folyadék fázisú nyitott rendszerekben (pl. különböző célú nyitott bioreaktorok) igen jelentős hőmérsékleti szélsőértékek alakulhatnak ki, ami a rendszer működését rontja, esetleg teljes mértékben gátolhatja is (túl alacsony, túl magas hőmérsékletértékek). Az így kialakuló termodinamikai gátlás elkerülésének és optimális üzemének érdekében szükséges a rendszer hő forgalmának analitikus leírása. Cél a rendszeren belüli hőcsere lehetőségeinek, segédenergia igényének vizsgálata. A becsült értékek számszerűsítik az atmoszférikus elektromágneses sugárzás hatásait egy nyitott rendszerre. Az ilyen módon kialakított modell alapján, a módszer komplexitását növelve, alkalmassá válhat nyitott rendszerek hőforgalmának megfelelő szintű leírására, az energiaintegrációs lehetőségek feltárására.

1. Bevezetés

Általánosan megállapítható, hogy a termodinamikai rendszerekbe belépő hőáramok mínusz a kilépő hőáramok a műveleti egységben a hőmennyiség változását adják.

Vizsgált, nyitott rendszerünket tekintsük tökéletesen kevert üstnek (az üstben lévő folyadék hőmérséklete megegyezik a kilépő folyadékáram hőmérsékletével, (1)).

$$Q_{be} + Q_{nyer.} - Q_{ki} - Q_{veszt.} = \frac{dQ_{medence}}{dt} \quad (1)$$

ahol Q_{be} : a belépő folyadék hőárama [J/s], Q_{ki} : a kilépő foly. hőáram [J/s], $Q_{nyer.}$: a medencébe belépő hőáram [J/s], $Q_{veszt.}$: a medencéből kilépő hőáram, hővesztesség [J/s], $Q_{medence}$: a medencében levő foly. hőmennyisége [J]. A környezetből felvett és a környezetbe leadott hőáram ($Q_{nyer.}/Q_{veszt.}$) tartalmazza a mechanikai energiával bevitt, a tartályban zajló folyamatok által termelt, valamint a bevitt, közölt-/elvont hőáramokat egyaránt.

Ezek alapján definiálható nyereségek: Q_s : a Napból érkező rövidhullámú sugárzás, Q_M : a mechanikai energiával (keverés, levegőztetés) bevitt hőáram és Q_B : biokémiai exoterm, oxidációs, reakcióban keletkező hőáramok. Továbbá a hőáram-nyereségek vagy -vesztések a körülményektől függően a következők: Q_A : atmoszférikus, hosszuhullámú elektromágneses sugárzás, Q_{FP} : a medence szabad folyadékfelszínének párolgásával kapcsolatos hőárama, Q_{FA} : a szabad folyadékfelszínének hőtadással kapcsolatos hőárama, Q_L : a medence levegőztetésével kapcsolatos hőáram, Q_H : a medencében levő folyadékkal közölt/elvont hőáram, Q_F : a medence falain történő hőtranszport.

2. Elektromágneses sugárzással kapcsolatos kölcsönhatások

A hőtadás különleges megnyilvánulási formája a hősugárzás. A Napból érkező rövidhullámú elektromágneses sugárzást mo-

dellünk a teljesség igénye nélkül következőképp veszi figyelembe: nyitott rendszerünk folyadékfelszínén elnyelt globál sugárzást jó közelítéssel a (2) összefüggéssel becsülhetjük [1]:

$$Q_s = Q_{s,0} (1 - 0,0071 C_c^2) A_{sz} \quad (2)$$

ahol $Q_{s,0}$ fajlagos solár sugárzás derült égbolt esetén, hőáramsűrűség, [W/m²], C_c felhőborítottság (10-es skálán), A_{sz} a medence felülete [m²], Q_s az elnyelt globál sugárzásból származó hőáram [W].

2.1. Atmoszférikus, hosszuhullámú elektromágneses sugárzás

A felmelegített földfelszín és folyadékfelszín, jó közelítéssel a felszíni hőmérsékletüknek megfelelően, az infravörös (hosszuhullámú) tartományban sugároznak. Hasonlóan a rövidhullámú sugárzáshoz, a felszíni hosszuhullámú kisugárzásának egy részét a légkörben lévő gázok és aeroszol részecskék részben elnyelik, illetve visszasugározzák. A gázok hosszuhullámú elektromágneses sugárzásra vonatkozó abszorpciója és emissziója szelektív. A legtöbb egy és kétatomos gáz a hősugarakra nézve „átlátszó”. Viszont sok három- és több atomos gáz egyes hullámsávokban a hősugarakat elnyeli, így ezen sávokban emisszióra is képes. A nyitott rendszerünk légköri környezetében fontosabb ilyen gázok, gőzök vannak jelen: széndioxid, ammónia, kén-dioxid, vízgőz [2-5].

A felszíni hosszuhullámú kisugárzásra vonatkozó összefüggés [6] a medence folyadékfelszínéről a világűr felé a (3) összefüggéssel vehető figyelembe [13]:

$$Q_{ki} = \varepsilon_{foly.} \sigma (T_{sz} + 273)^4 \quad (3)$$

ahol $\varepsilon_{foly.}$ a foly. felszínének relatív emisszióképessége, σ a Stefan-Boltzmann állandó [5,67 *10⁻⁸ W/m²/K⁴] és T_{sz} a szennyvíz hőmérséklete [°C] [7].

A légköri visszasugárzás a vízszintes síkra a felső légtérből érkező összes hosszuhul-

lámú sugárzás. Az atmoszférából visszasugárzott és a rendszerünk foly. felszínén elnyelt hőáramsűrűség (4) [6, 7]:

$$Q_{atm.} = (1 - \lambda) \varepsilon_{\text{égbolt}} \sigma (T_{\text{égbolt}})^4 \quad (4)$$

ahol λ a folyadék felületének relatív sugárzás-visszaverő képessége, $\varepsilon_{\text{égbolt}} = 1$, mert az égbolt abszolút fekete testként viselkedik [1], $T_{\text{égbolt}}$ a sugárzó „test” felületi hőmérséklete [K].

Az előző közelítő összefüggés „csak” a felhőborítottságot veszi figyelembe, pedig egyéb légköri jellemzők is befolyásolják a hosszuhullámú visszasugárzás intenzitását. A felhőborítottságon túlmenően a felhők magassága, minősége, a levegő összetétele, különösen az üvegházhatást okozó gázok koncentrációja, a vízgőz parciális nyomása, füst, köd, stb. [3-5] szintén befolyásolja a hosszuhullámú visszasugárzás intenzitását.

A kapcsolódó közlemények jelentős részében ezért javasolnak egy atmoszférikus sugárzási faktor $|\beta|$ bevezetését, amely az aktuális atmoszféra „összetételére” jellemző [1-3]. A β értéke 0,75—0,95 intervallumban változik [1] a leggyakoribb meteorológiai és környezeti körülmények között. A környező levegő által visszasugárzott és a folyadék felszínén elnyelt hőáramsűrűséget így az (5) összefüggéssel becsülhetjük [1]:

$$Q_{vissza} = (1 - \lambda) \beta \sigma (T_{lev.} + 273)^4 \quad (5)$$

ahol λ a foly. felületének relatív sugárzás-visszaverő képessége (0,03), β atmoszférikus sugárzási faktor (0,75-0,95) [1], $T_{lev.}$ a környező levegő hőmérséklete [°C].

3. A teljes elektromágneses sugárzási egyenleg

A vizsgált rendszerben a medence számára hőnyereséget jelentő tagokat (globálsugárzás, légköri visszasugárzás) pozitívnak, a veszteséget jelentő tagokat (légköri kisugárzás) negatívnak vesszük (6).

$$Q_{st} = Q_s + Q_{vissza} - Q_{ki} = Q_s - Q_A \quad (6)$$

4. Eredmények

A fenti (1)-(6) összefüggések (komplex egyenletrendszer sarokpontjai a teljesség igénye nélkül) alapján már elvégezhetőek a modellszámítások a fajlagos, 1m^2 folyadék felületre.

A számoláshoz szükséges legfontosabb paraméterek értékei: σ Stefan-Boltzmann állandó [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$], $\varepsilon_{foly.}$ a folyadék felszínének relatív emisszióképessége [0,97], λ a szennyvíz felületének relatív sugárzás-visszaverő képessége [0,03], β atmoszférikus sugárzási faktor [0,75] értékeknek választva végezzük számításainkat.

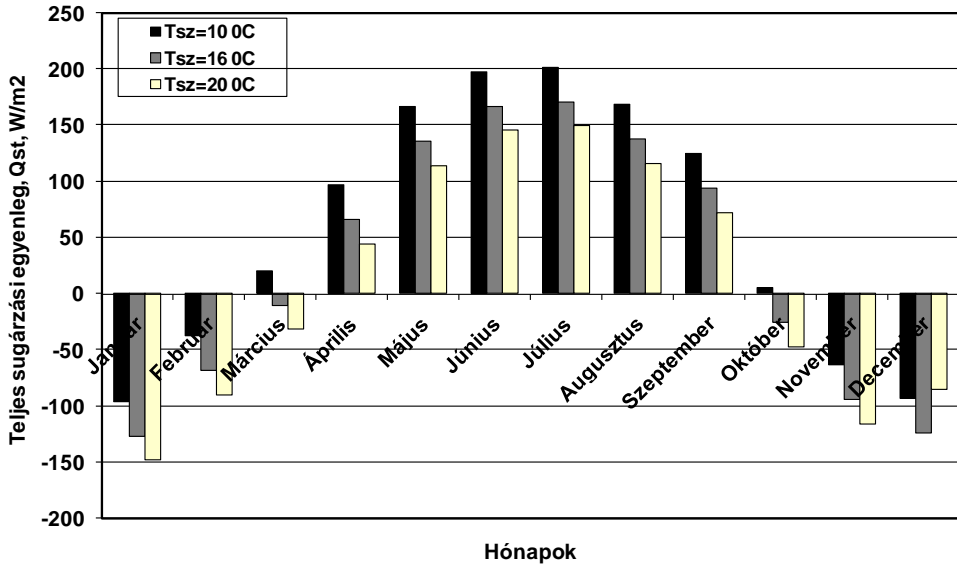
A jelen dolgozatban bemutatott modell 10, 16 és 20 °C-os folyadék hőmérsékletek esetére számítja ki felületek teljes elektromágneses sugárzási egyenlegeit a különböző, Magyarországot jellemző meteorológiai adatok figyelembe vételével.

A kialakított modell általi eredményt az **1. ábra** mutatja.

A becsült értékek számszerűsítik az atmoszférikus elektromágneses sugárzás határait nyitott rendszerekre. 1. ábrán jól látható az évszakok szerint ilyen módon várhatóan kialakuló hő veszteség és többlet, amelyet kezelni szükséges. A modell komplexitását növelve (hőátadás, folyadékfelszín párolgása miatti hőáram, levegőztetés hőárama, reakciós hő, falon keresztüli hőáramok, mechanikai hőáram), alkalmassá tehető a rendszer hőforgalmának megfelelő szintű leírására, az enrgiaintegrációs lehetőségek feltárására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



1. ábra. Teljes sugárzási egyenleg, havi átlag adatai, $T = 10, 16$ és 20°C valamint $\beta = 0,75$ érték esetén

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] S. N. Talati and M. K. Stenstrom, Member, *Asce Aeration-Basin Heat Loss*, Journal of Environmental Engineering, 116(1) 1990, 70–87.
- [2] Jacobs, A.F.G., Heusinkveld, B.G., Berkowicz, S.M.: *Passive dew collection in a grassland area*, The Netherlands. Atmospheric Research. 87., 2008. 377–385.
- [3] Kiehl, J.T. és Trenberth, K.E.: *Earth's Annual Global Mean Energy Budget*. Bulletin of American Meteorological Society. 78., 1997. 197–208.
- [4] Mészáros, R., Horváth, L., Weidinger, T., Neftel, A., Nemitz, E., Dämmgen, U., Cellier, P., és Loubet, B.: *Masurement and modelling ozone fluxes over a cut and fertilized grassland*. Biogeosciences. 6., 2009. 1987–1999.
- [5] Mileta, M., Beyens, D., Nikolayev, V., Milimouk, I., Clus, O., és Muselli M.: 2007. *Fog and Dew Collection Projects in Croatia*. Proc. International Conference on "Water Observation and Information System for Decision Support". (BALWOIS 2006), Ohrid, Republic of Macedonia, 23–26 May 2006.
- [6] Argyelán J.: *Transzportfolyamatok*, Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2009. 159–174.
- [7] H. Faltin: *Műszaki hőtan*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970. 342–357.